

*Sind die Bastfasern Zellen oder Zellfusionen?*

Von Josef Boehm.

Durch die Untersuchungen von Hartig und Mohl wurde allgemein bekannt, daß der Bast, d. i. das außerhalb des Cambiums liegende Gewebe der Gefäßbündel (Leitbündel, Fibrovasalstränge) der Dikotylen mindestens eben so complicirt gebaut sei, als deren Holzkörper. Während dieser in der Regel nebst Spiralgefäßen aus Parenchym- und Prosenchymzellen besteht, finden wir statt der ersteren im Baste eigenthümlich gebaute Organe, welche schon vor Jahren von Hartig <sup>1)</sup> unter dem Namen Siebfasern und Siebröhren trefflich beschrieben, den meisten Phytotomen aber erst durch Mohl <sup>2)</sup> unter dem Namen Gitterzellen bekannt wurden.

Nebst den genannten Gewebselementen finden sich im Baste bei einer sehr großen Anzahl von Gewächsen auch sogenannte Milchsaftgefäße, welche nach Schacht <sup>3)</sup> auch in dem Holze von *Carica Papaya* und nach Hanstein <sup>4)</sup> in dem Holze von *Vasconella* vorkommen.

Während über die Function der keiner Stammpflanze fehlenden Prosenchymzellen des Holzkörpers nicht der leiseste Zweifel obwalten kann, daß sie nämlich den rohen Nahrungssaft aufwärts leiten, ist hingegen die physiologische Bedeutung der ihnen ähulichsten Zellen im Baste völlig räthselhaft.

Andererseits wissen wir mit einer Bestimmtheit, wie sie sich bei derartigen Fragen nur erreichen läßt, daß der in den Blättern assimilirte Nahrungssaft in den Gitterzellen nach Bedürfniß ab- oder aufwärts steigt. Die Bedeutung der Spiralgefäße <sup>5)</sup> jedoch, so wie die der Milchsaftgefäße ist noch sehr unbekannt.

Außer der physiologischen Beziehung zwischen Bastzellen und Milchsaftgefäßen, daß wir nämlich über deren Function noch keine leise Ahnung haben, glaubte man auch eine anatomische und genetische Gemeinschaft der genannten Gewebsbestandtheile aufgefunden zu haben.

Es ist eine zuerst von Unger<sup>6)</sup> nachgewiesene und leicht zu controlirende Thatsache, daß die Milchsaftegefäße durch Verschmelzung von über- und neben einander liegenden Zellen gebildet werden. Es entstehen auf diese Weise zusammenhängende, oft die ganze Pflanze durchziehende Netze, an denen man in der Regel ihren Aufbau aus einzelnen Zellen nicht mehr wahrnehmen kann.

Hinsichtlich der Größe sind diesen secundären Zellelementen (Fusionsgebilden) nur die häufig ebenfalls sehr langen Bastzellen an die Seite zu stellen. Aus diesem Grunde, aus ihrem im fertigen Zustande oft ähnlichem Baue der Wandungen, aus der in der Regel gemeinsamen Stelle ihres Vorkommens, was nicht selten Veranlassung war, daß man den ausgeflossenen Inhalt der übersehenen Milchsaftegefäße als Product der Bastzellen erklärte, mit einem Worte aus Umständen, welche das Wesen und die Bedeutung der Milchsaftegefäße noch völlig im Unklaren lassen, schloß man, daß die genannten Gewebsbestandtheile als verschiedene Formen desselben Grundtypus nur Glieder einer Reihe seien, und daß die Bastzellen mit den Milchsaftegefäßen auch ihre Entstehung aus mehreren Zellen gemein haben.

Wenn man insbesondere die Länge gewisser Bastzellen mit der der Holzzellen vergleicht, so ist ihre Verschiedenheit eine so große, daß sich zweifellos gerechte Bedenken gegen die Elementarnatur der ersteren erheben. Vielmehr Bedenken dieser Art als directe Beobachtungen waren es, welche in neuerer Zeit Schacht<sup>7)</sup> veranlaßten die Bastzellen als Fusionsproducte aus mehreren Zellen zu erklären und den Milchsaftegefäßen an die Seite zu stellen oder vielmehr mit denselben zu identificiren. Heut zu Tage sind die Ansichten der Phytomen über die in Rede stehende Frage getheilt, keine Partei ist jedoch in der Lage, ihre subjective Meinung wissenschaftlich zu begründen.

Die Ursache, daß eine so wichtige histologische Frage anher noch ungelöst ist, liegt nicht in der mangelhaften Aufinerksamkeit von Seite der Mikroskopiker, sondern vielmehr in der Schwierigkeit des Gegenstandes.

Jeder gewissenhafte Anatom wird zugeben, daß zur endgiltigen Entscheidung der Frage, ob die oft mehrere Zoll langen Fasergebilde des Stammes einzelne Zellen oder Zellfusionen seien, die tadellosesten mikroskopischen Untersuchungen bei irgend einer beliebigen

Pflanze nicht genügen; die gestellte Frage kann nur beantwortet werden durch Auffindung einer geeigneten Pflanze, bei welcher mittelst einer exacten Methode auch von anderen Forschern leicht wiederholbare Untersuchungen zu demselben Resultate führen müssen.

Die verschiedenen Angaben über die Länge der Bastzellen einer und derselben Pflanze sind höchst abweichend. Bei einem Objecte, das der Untersuchung verhältnißmäßig so wenig Schwierigkeiten darbietet, kann der Grund hierfür offenbar nicht in der Methode liegen.

Unter Bast der Dikotylen versteht man in der Regel den außerhalb des Cambiums liegenden Gefäßbündeltheil und umfaßt somit unter diesem Namen Dinge, welche genetisch himmelweit verschieden sind, und welche man wenigstens in speciellen Fällen viel zu wenig scharf geschieden hat.

Bei den Stammpflanzen muß man zwei Phasen ihrer Entwicklung wohl von einander unterscheiden, und zwar: 1. die ihres Längenwachsthumes und 2. die ihrer Verdickung. Bei vielen Gewächsen besteht das Dickenwachsthum nur in der Vergrößerung der beim Längenwachstume im Vegetationskegel gebildeten Zellen.

Beim Längenwachstume der Dikotylen werden ausnahmslos angelegt: 1. die Zellen des Markes; 2. die Epidermis und die nicht in radialen Reihen geordneten Zellen des Rindenparenchyms (die übrigen entstehen erst während der Korkbildung); 3. die Bastbündel, in welchen die Gitterzellen nie fehlen und die allenfalls in diesen Gewebetheilen vorhandenen Milchsaftgefäße.

Bei einer Unzahl von einjährigen und auch bei vielen ausdauernden Dikotylen sind die während des Längenwachsthumes gebildeten Bastzellen die einzigen und nicht selten zeigen sich dieselben von den während des Dickenwachsthumes gebildeten Bastzellen auf dem Querschnitte sehr abweichend gebaut. Ich erinnere in dieser Beziehung an *Vitis* und besonders an die echten *Lonicereen*, welche durch den angeführten Charakter scharf und bestimmt begrenzt sind.

Ein anderer und für unsere Frage viel wesentlicherer Unterschied als der, welchen die genannten Zellen auf dem Querschnitte zeigen, besteht in der Länge der während der Streckung und der während des Dickenwachsthumes gebildeten Bastzellen. Alle Angaben von verhältnißmäßig sehr langen Bastzellen beziehen sich, — und dies in verdienter Weise hervorzuheben, hat man stets außer Acht

gelassen, — auf solche aus der primären, d. i. aus dem Urparenchyme (Urmeristeme)<sup>8)</sup> des Vegetationskegels hervorgegangenen, d. i. der primären Rinde (Protenrinde)<sup>9)</sup>.

Primäre Bastzellen mit einer Länge von 30—40 Millim. gehören nicht zu den Seltenheiten. Was hinsichtlich der Entwicklung für diese gilt, dürfen wir wohl mit einiger Sicherheit auch auf die gleichwerthigen Bastzellen anderer Pflanzen übertragen, welche obige Längen noch weit übertreffen, wenn nicht speciell für sie andere Wachstumsgesetze nachgewiesen sind.

Wer je einen Längsschnitt durch einen sich noch streckenden Pflanzentheil gemacht hat, dem brauche ich wohl nicht zu versichern, daß es absolut unmöglich ist, bei einer für derartige Untersuchungen nothwendigen Vergrößerung dieselbe Zelle mit Sicherheit auch nur durch die Breite des Gesichtsfeldes zu verfolgen. Versucht man, durch Behandlung mit verschiedenen Reagentien die in der Entwicklung begriffenen zartwandigen Zellen zu isoliren, so überzeugt man sich bald von der Erfolglosigkeit einer solchen Methode, wenn man sich für die Lösung unserer Frage überhaupt etwas von ihr versprach.

Sind die Bastzellen Fusionen, so müssen die sie constituirenden Zellen, so wie bei den Milchsaftegefäßen, schon in der frühesten Jugend mit einander verschmelzen. Aus den gelungensten Längsschnitten irgend einer beliebigen Pflanze werden wir selbst mit dem besten Mikroskope eine entscheidende Antwort nicht geben können.

Die Lösung der gestellten Frage ist nur dadurch möglich, daß wir eine Pflanze ausfindig machen, welche Bastzellen besitzt, die sich schon bei ihrem ersten Auftreten entweder an sich, oder in Folge der Einwirkung bestimmter Reagentien von den Nachbarzellen sicher unterscheiden lassen.

Hiermit ist aber noch nicht völlig geholfen. Wenn wir auch eine Pflanze mit Bastzellen fänden, welche die geforderte Eigenschaft besäßen, aber in Bündel vereinigt, derart enge an einander schließen würden, daß es unmöglich wäre, auf Längsschnitten die Contouren der jugendlichen Zellen scharf zu bestimmen, so bliebe unsere Frage nach wie früher ungelöst. Um unserer Aufgabe gerecht zu werden, müssen wir ein Gewächs suchen, welches ausserdem, daß es gegen Reagentien sich ganz auffallend verhaltende Bastzellen besitzt, noch die besondere Eigenschaft darbietet, daß diese Bastzellen, wenigstens theilweise, isolirt vorkommen.

Um diesen Anforderungen zu genügen, habe ich seit acht Jahren bei mehr als 1000 Pflanzen Wurzel, Stengel und Blüthenstiele untersucht, bis ich endlich bei *Salisburia* fand, was ich suchte.

Der Querschnitt durch ein entwickeltes Internodium eines frischen Triebes im Juli zeigt Folgendes:

Unter der Epidermis liegen 2—3 Lagen von ziemlich dickwandigen, eigenthümlich (bastähnlich) gestalteten Zellen mit einem klaren Inhalte, auf welche chlorophyllhaltiges Parenchym folgt. An der äußeren Seite des Cambiums (Cambiforms) liegen in wechsellöser Menge außerordentlich große, dickwandige Bastzellen, deren Lumina mit einer festen rothbraunen Substanz erfüllt sind. Bei den meisten Zweigen findet man zwischen Bast und Rinde, besonders an den Stellen, wo die Bastbündel fehlen, sehr große dickwandige Zellen mit verzweigten Tüpfelcanälen. Gegen den Herbst hin ändert sich die Configuration der eigentlichen Rinde auf dem Querschnitte bedeutend. Die unter der Epidermis liegenden Zellen werden nämlich mannigfach gefaltet und unter ihnen bildet sich durch centrifugal-reciproke Zellfolge, wie dies Sanio<sup>10)</sup> bei anderen Pflanzen so trefflich beschrieben hat, das Periderma. Die abgestorbene Epidermis sammt dem ebenfalls todtten außerhalb des neu gebildeten Periderma liegenden Gewebe bekleiden nach kürzerer oder längerer Zeit den Zweig. Ein mehr weniger wolliger Filz, welcher sich häufig auf älteren Zweigen findet, ist ein Rest dieses bastähnlichen Gewebes.

Mit dem Altern des Zweiges vermehren sich auch die dickwandigen Zellen zwischen Rinde und Bast, so daß diese häufig wie von einem Knochenpanzer mehr weniger vollständig umkleidet sind.

Die eigentliche Fundgrube für die Lösung unserer Frage ist jedoch das Mark. Es besteht dieses nämlich nicht allein aus getüpfelten Parenchymzellen, sondern zwischen diesen finden sich auch in der Regel auf dem ganzen Querschnitte des Markes eine ziemlich große Anzahl von Zellen eingestreut, welche denen des primären Bastes hinsichtlich des Inhaltes und Baues der Wand vollkommen gleichen, nur daß ihr Durchmesser im Allgemeinen etwas kleiner ist.

Kocht man Durchschnitte in Salzsäure, so färben sich nicht nur die dicken Zellwände, besonders die des Bastes und des Markes schön rosenroth, sondern ein Gleiches ist auch der Fall mit dem Inhalte vieler Zellen. Die systematische Stellung von *Salisburia*, das Vorkommen von eigenthümlichen Innendrüsen im Rindenparen-

ehyme und im Marke, wie sie für die Coniferen charakteristisch sind und der Umstand, daß die diese Lücken begrenzenden Zellen sich durch längeres Liegen in Chlorwasserstoffsäure oder durch gelindes Kochen damit roth färben, sind Fingerzeige genug für den Grund dieser Reaction. Behandelt man Terpentinöl oder Schnitte durch Coniferensamen in gleicher Weise, so zeigt sich dieselbe Erscheinung.

Das Wichtigste für unsere Frage ist der Umstand, daß sich der braune Inhalt der Bastzellen und der ihnen ähnlichen Zellen im Marke mit Salzsäure ebenfalls roth färbt. Es führt dies zu der Vermuthung, daß diese Zellen schon während ihrer Entwicklung mit Terpentin gefüllt sind.

Da die Zellen des primären Bastes außerordentlich stark und an ihrer Aussenseite von den beschriebenen dickwandigen Parenchymzellen enge begrenzt sind, so gelingt es oft schon bei frischen Zweigen, mehrere Linien lange Stücke zu isoliren. Kochen in Salpetersäure führt nicht zum Ziele, weil dadurch die Bastzellen zu brüchig werden: dafür tritt aber die abwechselnd im entgegengesetzten Sinne spiralig verlaufende Schichtung der Wände recht klar hervor. Es gelingt unter dem Simplex sodann sehr leicht, mittelst Nadeln die einzelnen Faserseichten von einander zu isoliren.

Sehr gut gelingt das Isoliren der Bastzellen nach vorgängigem anhaltendem Kochen in concentrirter Kalilauge. Ich mache dies in einem geeigneten Kolben, der mittelst eines durchbohrten Kautschukstoppels verschlossen ist, in dessen Öffnung eine 3—4 Fuß lange, 2 Linien weite Röhre eingesetzt wird, so daß das verdampfende Wasser größtentheils wieder zurückfließt. Um die Operation des Kochens abzukürzen, spalte ich den Zweig der Länge nach so, daß das frei gelegte Mark ganz in einer der ungleichen Hälften bleibt.

Bringt man einen Rindenstreifen eines in Kalilauge gekochten Zweiges auf den Objectträger, so lassen sich die selbst mit freiem Auge sichtbaren Bastzellen sehr leicht von einander isoliren. Ehe ich die Länge derselben bestimmte, wurden sie bei hinreichender Vergrößerung theils auf ihre Individualität, theils auf ihre Integrität sorgfältig geprüft.

Die Enden der Bastzellen sind in der Regel mäßig spitz, häufig sind sie aber auch kolbig aufgetrieben, sehr selten seicht gebelt.

Um das Messen derartig langer Zellen, wobei es sich begreiflicher Weise um eine übergroße Genauigkeit nicht handelt, zu vereinfachen, ätzte ich mir auf die Objectträger kleine Maßstäbe (von 50 oder 100 oder 200 Millim.).

Was vorerst in die Augen fällt, ist die sehr variable Länge der Bastzellen. Neben Zellen von 40 Millim. Länge liegen oft solche von nur 3 Millim. Länge.

Bei der gestellten Frage, ob die Bastfasern Fusionen oder Zellindividuen seien, schien es mir vor allem nöthig zu untersuchen, wie sich die Länge der längsten Bastzellen zur longitudinalen Entwicklung der ausgewachsenen Zweige verhalte.

Es wurde die Länge der Bastzellen in verschiedenen stark entwickelten Blattkreisen durch zahlreiche Messungen bestimmt und als constantes Ergebnis gefunden, daß die Länge der längsten Bastzellen mit der Länge der Blattkreise auf das Innigste zusammenhängt. Während ich aus Zweigen mit 28 Cm. langen Blatteyken Bastzellen von 44 Millim. Länge aufbewahre, fand ich in den verkürzten Internodien an der Basis der gestreckten Zweige die längsten Bastzellen bei im übrigen gleichen Wandbau und Inhalt zu 3 oft auch nur zu 0.4 Millim.

Bekanntlich sitzen die entwickelten Zweige von *Salisburia* auf Ästchen, deren Internodien oft durch viele Jahre latent bleiben. Man möchte glauben, daß in diesen Zweigen eine geeignete Fundstätte für sehr kurze primäre Bastzellen anzutreffen sei. Die Untersuchung jedoch lehrt das Gegentheil; diesen Ästchen fehlen die fraglichen Zellen ganz.

Man wird zugeben, daß die verschiedene Länge der primären Bastzellen und der diesbezügliche Zusammenhang mit der Längsentwicklung der Zweige nicht dafür spricht, daß dieselben durch Verschmelzung mehrerer Zellen entstanden seien. Sicherer noch wird unser vorläufiger Schluß durch den Vergleich mit den secundären d. i. während des Dickenwachsthumes entstandenen Bastzellen.

Der während des Dickenwachsthumes vom Cambium aus gebildete Bast besteht zum größten Theile aus Gitterzellen und häufig Krystalldrüsen führenden Parenchyme und eigentlichen (secundären) Bastzellen, welche besonders in den ersten Jahren ziemlich spärlich, mit denen der primären Rinde gar nicht zu vergleichen sind. Ihr Querdurchmesser ist viel kleiner<sup>11)</sup>, ihr Inhalt färbt sich in keinem Ent-

wicklungsstadium roth, und, was für unsere Frage die Hauptsache ist, sie sind im Allgemeinen unvergleichlich kürzer.

Wären die secundären Bastzellen so lang als die längsten primären und würden sie somit die mit ihnen gleichzeitig aus denselben Mutterzellen stammenden Holzzellen um das hundert- und mehrfache an Länge übertreffen, so würde ich unbedingt der Ansicht beipflichten, daß die zuerst von Meyen ausgesprochene, später aber wieder zurückgenommene, dann von Hartig<sup>12)</sup> (für *Vinca*) und endlich von Schacht vertheidigte Ansicht die richtige sei; ich würde dies, selbst wenn das Studium der Entwicklungsgeschichte nichts anderes lehren würde als die Unrichtigkeit der hie und da ausgesprochenen Ansicht: daß die Bastfasern secundär als Tochterzellen in durch Fusion kürzerer Zellen des Cambiums gebildeten kolossalen Mutterzellen entstanden seien, denn die Lagerungsverhältnisse der Bastzellen sind nicht dazu angethan, glauben zu machen, daß dieselben durch Streckung und dadurch bedingte Resorption der oberen und unteren Nachbarzellen oder, wie Hanstein richtig bemerkt, durch Zwischenschiebung ihre oft enorme Länge erreichen würden.

Kocht man die Rinde eines Zweiges durch mehrere Stunden in Kalilauge, so läßt sich der während des Dickenwachsthumes gebildete Bast leicht von der primären Rinde lösen. In Zweigen mit verkürzten Internodien fand ich die Länge der secundären Bastzellen von 1—1·5 Millim., selten etwas kürzer; in gestreckten 1—5 jährigen Zweigen meist zwischen 1·5—2 Millim. und in einer Borke aus einem dicken Baumstamme zwischen 2 und 3 Millim.

Die Länge der secundären Bastzellen ist also im Allgemeinen eine unvergleichlich geringere und viel gleichförmigere als die der primären und weicht von der Länge der Holzzellen nicht wesentlich ab. Genaue vergleichende Angaben, welche übrigens, der unbedeutenden Differenzen wegen, für unsere Frage ohnehin nur von untergeordneter Wichtigkeit sind, bin ich aus Mangel an Material zu machen nicht in der Lage. Es zeigte sich nämlich, daß die Länge der Holzzellen aus den verschiedenen Stamm- und Asttheilen eben so verschieden ist, wie dies nach Mohl's<sup>13)</sup> Untersuchungen mit dem Querdurchmesser derselben der Fall ist. Gerade bei den Coniferen ist dieser Unterschied sehr in die Augen fallend. So sind z. B. bei *Pinus Picea* die Holzzellen in der Nähe des Markes selten etwas länger als

1 Millim., während sie in der Peripherie zolldicker Äste schon meist 2 Millim. und in dicken Stämmen bis 7 Millim. lang werden. Nicht selten finden sich jedoch zwischen Zellen von 7 Millim. auch solche von nur 2 Millim. Länge. Ferner glaube ich gefunden zu haben, daß die Zellen des Herbstholzes durchschnittlich etwas länger sind, als die des in derselben Periode gebildeten Frühlingsholzes.

Bei *Salisburia* fand ich in den Zweigen mit latenten Internodien die Holzzellen selten etwas über 1 Millim., oft, besonders in einjährigen derartigen Ästchen nur 0·4—0·5 Millim. lang. In dreijährigen Ästen messen die längsten Holzzellen in der Nähe des Markes 1·2 Millim., an der Peripherie hingegen 2·3 Millim. Im Außenholze eines fußdicken Astes fand ich die längsten Zellen zu 3·1, die kürzesten zu 1·2 Millim.

Bei allen Pflanzen mit netzförmig verbundenen Milchsaftgefäßen fand ich, daß die letzteren, wenn sie auch z. B. bei Aselepiadeen, Apocynen, den einheimischen Euphorbiaceen im Stengel ziemlich unverzweigt verlaufen, sie doch in den Blattbasen häufig Anastomosen eingehen. Ganz anders verhalten sich die primären Bastzellen. So weit meine Erfahrungen reichen, enden diese stets unterhalb jener Stelle, an welchen sich Mohl's<sup>14)</sup> rundzellige Trennungsschicht bildet, um in den Blattstielen wieder neu aufzutreten. Von der Richtigkeit des Gesagten überzeugt man sich besonders leicht bei in Kalilauge gekochten Rindenstreifen von *Salisburia*; ober- und unterhalb der Ursprungsstelle der Blätter findet man stets zahlreiche Enden der primären Bastzellen. Es hängt dieser anatomische Befund mit der Art und Weise des Blattfalles innig zusammen. Würden sich diese stärksten aller Zellen aus dem Stengel direct in die Blätter fortsetzen, so wäre es nicht gut begreiflich, wie selbe in Folge der Bildung der Trennungsschicht, gleich den Spiralgefäßen und zartwandigen Holzzellen, abgerissen würden, so daß zur geeigneten Zeit selbst ein leiser Windhauch das Ablösen der Blätter veranlassen kann.

Die Bastzellen der Blätter und Blattstiele sind weniger dick (Querdurchmesser der dicksten 0·03 Millim.) und viel zartwandiger als die ihnen analogen der Rinde und des Markes. In einem Blattstiele von 43 Millim. fand ich die längsten zu 8, die kürzesten zu 1 Millim.

In Allgemeinen viel kürzer und von dem verticalen Abstände des Cielar- und Cichrblattes unabhängiger sind die schon oben erwähn-

ten unter der Epidermis liegenden Prosenchymzellen. Auch sie fehlen den Blattkissen und den Zweigen mit latenten Internodien. Als Mittel von 100 Messungen ergab sich deren Länge zu 4·2 Millim. Übrigens finden sich, obgleich selten, neben Zellen von 12 Millim. auch solche von nur 1 Millim. Länge.

Mit den Zellen des primären Bastes zum Verwechseln ähnlich, im Querschnitte jedoch in Folge ihrer Lage zwischen zartwandigerem Gewebe mehr rund, sind die Bastzellen des Markes. Auch ihre Länge hängt mit der Längsentwicklung des Zweiges innig zusammen, nur daß sie im Mittel so wie die längsten derselben kürzer sind als die auf gleicher Höhe liegenden Bastzellen der primären Rinde. In einem Blatteklyklus von 25 Cm. fand ich die längste derartige Zelle zu 36 Millim., die kürzeste zu 3 Millim. und als Mittel von 100 Messungen 9·2 Millim.

Bemerkenswerth ist, daß die Bastzellen des Markes wohl in keinem stärker entwickelten Zweige ganz fehlen, der Zahl nach aber sehr variiren, 100 jedoch nie übersteigen. In den Zweigen mit latenten, so wie in den unteren, wenig entwickelten Zwischenknoten der gestreckten Zweige fehlen sie ganz, in Zweigen mit mäßig entwickelten Zwischenknoten sind sie sehr sparsam, oft ist nur eine vorhanden.

Wie die Zellen des primären Bastes laufen auch die bastähnlichen Markzellen an ihren Enden mehr weniger spitz zu, seltner sind sie kolbig aufgetrieben; nur in einem Falle fand ich eine seichte Gablung.

Die Bastfasern des Markes und der Rinde sind nicht die einzigen Beispiele von unverhältnißmäßig langen Zellen im geschlossenen Gewebe; sie sind nur am leichtesten darstellbar.

Mit dem Marke der primären Rinde geht aus dem Urmeristeme des Vegetationskegels auch die Marksheide hervor. Wir wissen, daß die Spiralgefäße sehr frühzeitig auftreten, zu einer Zeit, wo die sie umgebenden Parenchymzellen noch in lebhafter Quertheilung begriffen sind. Mit der Streckung des Zweiges werden die anfangs enge an einander liegenden Windungen des Verdickungsbandes der innersten Gefäße immer steiler; nicht selten werden sie völlig aufgewunden und oft an vielen Stellen abgerissen.

Bestimmt man einerseits in einem eben durch das Auftreten der Spirale sich charakterisirenden und leicht meßbaren Gefäßgliede und anderseits im ausgewachsenen Internodium den Abstand zweier

Windungen, so ergibt sich leicht die Länge der ausgewachsenen Gefäßzelle, welche oft, z. B. bei vergeilten Bohnenkeimlingen, hinter der der längsten Bastzellen nicht zurück bleibt. Mit den durch diese Methode erhaltenen Zahlen stimmen bei Pflanzen mit ziemlich gleichlangen Internodien jene überein, welche sich aus der Länge der jugendlichen Gefäßzelle, des betreffenden und des ausgewachsenen Internodiums ergeben.

Der Zusammenhang zwischen der Länge der Blattkreise und der der primären Bastzellen wird aus der Wachstumsweise der Dikotylen leicht verständlich.

Die Gefäßbündel der genannten Gewächse wachsen nicht, wie man früher glaubte, ununterbrochen an der Spitze fort; dies gilt nur von dem Marke, während die Rinde, das Cambium und die Spiralfaserzellen der Markscheide sich gleichsam in die Blätter eines bestimmten Cyklus verlängern und für den nächsten Blattkreis unmittelbar mit dem Marke aus dem Urparenchyme der Vegetationsspitze hervorgehen. Von der Richtigkeit dieser von Nägeli<sup>15)</sup> zuerst richtig erkannten Wachstumsweise der Endumsprosser überzeugt uns ein Längsschnitt durch den Vegetationskegel irgend eines Zweiges. Daß die Spiralf Gefäße der Fibrovasalstränge in deren Ausbiegungsstellen in die Blätter zuerst auftreten, hat darin seinen Grund, weil hier die Streckung der angelegten Theile am geringsten ist und deren Ausbildung am ehesten erfolgt.

Der eben erwähnte Zusammenhang zwischen der Länge der Bastzellen und der Blattkreise ist ein nothwendiger, wenn wir die Bastfaser als einzelne Zelle betrachten, ist aber nicht verständlich, wenn wir selbe für Fusionsproducte halten. Unter den Milchsaftegefäßen, bei welchen eine so innige Verschmelzung der constituirenden Zellen erfolgte, daß die Grenzen dieser ganz verschwanden, ist nämlich kein Fall bekannt, daß sie enge an- und über einander liegende bastähnliche Schläuche darstellen würden. Dies und das nachbarliche Vorkommen von Bastzellen so verschiedener Länge, von denen die längsten jedoch nie länger werden können als der Fibrovasalstrang, in welchem sie vorkommen, und manches andere ist leicht verständlich, wenn man die Bastfasern als einzelne Zellen ansieht, man müßte denn die vorläufig durch nichts erwiesene Hypothese supponiren, daß nur die Nachkommen bestimmter Mutterzellen zu Bastfasern verschmelzen.

Ergibt sich aus dem Vorstehenden nicht ein auch nur halbwegs plausibler Anhaltspunkt, die Bastfasern für Fusionen zu erklären, so fehlt andererseits auch jeder nöthigende Grund, die in Rede stehenden Gebilde als Zellindividuen anzusprechen. Sicherem Aufschluß kann nur das Studium der Entwicklungsgeschichte gehen. Zu diesem Studium liefert, wie mich jahrelang fortgesetzte Untersuchungen lehrten, nur der Ginkgo-Baum das geeignete Material.

Während Längsschnitte durch ein, einige Millimeter langes frisches Internodium nichts besonderes lehren, findet man bei durch längere Zeit in Weingeist gelegenen Zweigchen den Inhalt vieler Zellen braunroth gefärbt. Dies ist der Fall bei den Zellen des Rindenbastes, bei einzelnen oder mehreren über einander stehenden Zellen im Parenchyme der Rinde und des Markes, ferner bei den die Drüsengänge auskleidenden Zellen und endlich bei den eigentlichen Bast- und den ihnen ähnlich gebauten Zellen im Marke.

Diese Zellen mit braunrothem Inhalte treten unvergleichlich schärfer und klarer hervor, wenn man die Schnitte durch mehrere Stunden in Salzsäure legt oder darin bis zum Kochen erwärmt.

Selbst ein flüchtiger Blick eines Anfängers in der Mikroskopie auf ein derartiges Object genügt zur endgiltigen Lösung der von uns gestellten Frage, ob die Bastfasern Zellfusionen seien oder nicht. Man findet im Marke, einzeln zwischen die übrigen Parenchymzellen eingesenkt, zahlreiche rothviolette Schläuche von der verschiedensten Länge, welche sich als auf einander folgende Entwicklungsstadien der bezüglichen Bastzellen darstellen. Noch sicherer wird dies, wenn man Längsschnitte durch verschieden stark entwickelte Internodien oder besser durch die Zweigspitzen untersucht.

Bei den obersten Zellen der gewölbten Vegetationsspitze stehen, bis zu einer Entfernung von beiläufig 0·3 Millim. vom Scheitel abwärts, die Scheidewände der Zellen, deren Durchmesser zwischen 0·01 und 0·02 Millim. beträgt, in allen möglichen Richtungen. Tiefer nach unten treten bei der Theilung der Zellen im Marke nur horizontale, d. i. auf die Längsachse des Zweiges senkrechte Scheidewände auf.

Dort, wo die Differenzirung des Urmeristems in Mark und Rinde erfolgt, färben sich die Zellen des primären Bastes und hie und da einige Markzellen mit Salzsäure schon violett, während dies bei den obersten Zellen nie der Fall ist. Sobald der Inhalt der künftigen

Bastzellen die erwähnte Reaction zeigt, tritt in denselben keine Quertheilung mehr auf, sondern sie folgen dem zunächst durch Zellvermehrung bedingten Längenwachsthum durch Streckung. In gleicher Weise nehmen jüngere unter den neu gebildeten Zellen des Stengels obigen Charakter an, so daß man auf einem Längsschnitte durch einen geeigneten jungen Zweig oft eine ziemlich vollständige Reihe von auf einander folgenden Entwicklungsstadien vor sich hat.

Die oben angeführten Verhältnisse legen die Frage nahe, ob es wohl nicht möglich sei, aus der Länge der in der Entwicklung begriffenen Bastzellen auf deren mögliche Länge im ausgewachsenen Zustande und umgekehrt zu schließen. So lange sich die Zellen des Markparenchym durch Querwände theilen, beträgt deren Längsdurchmesser im Mittel 0.02 Millim. Der Längsdurchmesser der mittleren Markzellen in vollständig gestreckten Zweigen ergab sich im Mittel zahlreicher Messungen zu 0.065 Millim. In Zweigen mit latenten Internodien ist dieser Durchmesser etwas kürzer (0.05), in solchen mit sehr gestreckten Zwischenknoten etwas länger (0.07). In den letztgenannten Objecten finden sich in derselben Reihe bisweilen Zellen von nur 0.03, und anderseits nicht selten von 0.14 Millim. Länge.

Jene Parenchymzellen, deren Inhalt durch Chlorwasserstoffsäure violett gefärbt wird, und welche besonders in der Rinde häufig auftreten, sind durchschnittlich sowohl im Stadium ihrer Vermehrung durch Quertheilung (0.025 Millim.) als auch nach vollendeter Streckung etwas länger (0.08 Millim.) als jene Nachbarzellen, bei denen obige Reaction nicht auftritt.

Wenn man den senkrechten Abstand des Cielar- vom Cielurblatte (Größe des Blatcyklus) im Mittel zu 20 Cm. annimmt, so stehen in demselben heiläufig ( $200 : 0.065 =$ ) 3000 Markzellen über einander. Nimmt man ferner an, daß in allen Zellen gleichzeitig die Quertheilung aufhört, so betrug beim Beginne der Streckung die Länge des fünfblättrigen Cyklus ( $3000 \times 0.02 =$ ) 60, und die eines Internodiums somit 12 Millim.

Mit dieser Schlußfolgerung stimmen directe Messungen der Markzellen junger kräftiger Internodien häufig genug. Daß dies nicht immer haarseharf der Fall ist, begreift sich leicht und hat darin seinen Grund, daß die Bildung der Querwände nicht bei allen benachbarten Zellen gleichzeitig aufhört und sich die von bisher unbekanntem

Ursachen bedingte Länge der fertigen Internodien in deren Jugendzustande nicht bestimmen läßt.

In einem Blattheyklus von 20 Cm. betragen die längsten Bastzellen der primären Rinde in der Regel 40, die des Markes 30 und die kürzesten an beiden Orten 3 Millim.

Während, besonders im Marke, Bastzellen von 3 Millim. Länge gerade nicht sehr selten sind, sucht man jedoch nach denen von 30 respective 40 Millim. in vielen Zweigen von 20 Cm. oft vergebens. Als Mittel von je 100 Messungen ergab sich für die Bastzellen der Rinde eine Länge von 20, und für jene des Markes eine solche von 8 Millim.

Als im Marke die Bastzelle von 30 Millim. angelegt wurde, war der Blattheyklus erst  $(30 : 200 = 0.02 : x =)$  0.133 Millim. lang und standen somit im Marke nur  $(0.14 : 0.02 =)$  7 Zellen über einander. Eben so ist das Längenwachsthum der Zweige durch Zellenbildung noch lange nicht vollendet, wenn die kürzesten Bastzellen auftreten, denn dies geschieht bei einer Größe des Blattheyklus von  $(3 : 200 = 0.02 : x =)$  1.33 Millim., was der Länge von  $(1.33 : 0.02 =)$  66 Markzellen entspricht.

Mit diesen Ergebnissen stimmt die Beobachtung oft auf das Überraschendste. So fand ich z. B. in einem 3 Millim. langen Internodium eines jungen kräftigen Triebes im Marke die längste Bastzelle zu 1.62, die kürzeste zu 0.37 Millim. Setzt man voraus, daß nach vollendeter Streckung der ganze Blattheyklus 20 Cm., das betreffende Internodium somit 40 Millim. lang geworden wäre, so hätte die längste dieser Bastzellen  $(3 : 40 = 1.62 : x =)$  21.6 Millim., die kürzeste hingegen  $(3 : 40 = 0.37 : x =)$  4.93 Millim. gemessen.

Kocht man die Präparate, welche, um die langen Zellen nicht zu durchschneiden, behufs dieser Untersuchung, bei guter Beleuchtung, ziemlich dick sein können, etwas länger in Chlorwasserstoffsäure (am besten auf dem durch ein Drahtgitter geschützten Objectträger, indem man mittelst eines Glasstabes immer frische Säure zutropft), so gelingt es bisweilen, die jugendlichen primären Bastzellen mit der Nadel unversehrt zu isoliren. In einem Internodium von 3 Millim. Länge fand ich auf diese Weise die längste derartige Zelle zu 2.13 Millim. Im 40 Millim. langen Zwischenknoten hätte diese Zelle  $(3 : 40 = 2.13 : x =)$  28.4 Millim. gemessen.

Indem ich glaube, im Vorstehenden bis zur völligen Evidenz erwiesen zu haben, daß die Bastfasern von *Salisburia* einzelne Zellen

seien, ist wohl, zumal in Anbetracht mehrerer oben erwähnten Verhältnisse, der Schluß nahe gelegt, daß auch die ihnen entsprechenden Fasern anderer Pflanzen Zellindividuen seien. Gleichwohl fällt es mir nicht bei, dies schon jetzt mit voller Bestimmtheit zu behaupten und damit dem Resultate künftiger Untersuchungen, welche für andere Objecte vielleicht das Gegenheil erweisen, vorzugreifen.

Die längsten Bastfasern, welche ich kenne, finden sich bei *Linum usitatissimum*. Zellen von 50 Millim. sind hier sehr häufig; die längste, die ich fand, maß 95, ihre kürzeste Nachbarin 6 Millim.

Gegen die Wurzel hin werden die Bastzellen seltener, ihre Länge sinkt oft auf 1 Millim. herab und ihre Form wird nicht selten eine ganz eigenthümliche. Sie sind nämlich häufig stellenweise sehr verengert und zwischen diesen Einsehnürungen kugelartig aufgetrieben. Oft besteht die ganze Zelle nur aus einer nach den entgegengesetzten Seiten spitz ausgezogenen Kugel. Bisweilen ist das eine Ende dieser Zellen ziemlich tief gegabelt.

Bei einem kräftig entwickelten Exemplare von *Linum austriacum* fand ich die längste Bastzelle zu 60 Millim.

Die Bastzellen von *Cannabis* sind viel kürzer als die von *Linum*: sie messen in der Regel nur 6—10 Millim., die längsten fand ich zu 22 Millim.

Hinsichtlich des Baues der Wandung findet man zwischen den Bastzellen von *Cannabis* und *Linum* nicht derartige Unterschiede, welche die verschiedene Feinheit der aus denselben bereitharen Gewebe rechtfertigen würden. Die Ursache hiefür scheint mir darin zu liegen, daß sich, wie schon bemerkt, die Zellen der Bastbündel von *Linum* durch Maceration leicht und vollständig isoliren lassen, was bei *Cannabis* nicht der Fall ist.

Bei *Urtica urens* haben die Bastzellen meist eine Länge von 10—12 Millim. An der Basis des Stengels fand ich die kürzesten zu 1—7 Millim.

Von besonderem Interesse sind in Folge der Angabe Sanio's die primären Bastzellen von *Platanus*. Sanio <sup>16)</sup> gibt nämlich an, daß die genannten Zellen, so wie jene des Holzes von *Vitis*, in Folge secundär auftretender Scheidewände, gekammert seien.

Längsschnitte durch frische Zweige scheinen allerdings Sanio's Angabe zu bestätigen. Verfolgt man jedoch die Entwicklungsgeschichte oder isolirt man die ausgebildeten, nicht über 2 Millim.

langen Zellen durch Kochen in Salpetersäure (in Kalilauge erfolgt die Trennung erst nach mehrtägigem Kochen), so überzeugt man sich leicht, daß die scheinbaren Scheidewände durch senkrecht auf die Längsachse der Zellen mündende Tüpfelcanäle bedingt sind.

Bei *Vitis* variiert die Länge der primären Bastzellen von 1·1 bis 5·6, die der secundären von 0·2 bis 0·7 Millim. Nach Sanio stellen die secundären Bastzellen der Rebe ebenfalls ein *Prosenchyma septatum* dar. Bei durch mehrtägiges Kochen in concentrirter Kalilauge isolirten Zellen überzeugt man sich, daß die scheinbaren Querwände durch eigenthümliche Wandverdickungen dieser gefüpfelten Zellen gebildet sind.

Bei *Tilia* unterscheiden sich die primären von den mäßig auftretenden secundären Bastzellen auf dem Querschnitte nicht. Eben so fand ich den Längsdurchmesser dieser durch anhaltendes Kochen in Kalilauge isolirten, genetisch so heterogenen Bastzellen, sowohl aus jungen Zweigen als aus alten Stämmen, im Mittel zahlreicher Messungen gleichmäßig zu 1·25 Millim.

Schließlich kann ich nicht umhin, der vielfach besprochenen Beziehungen zwischen den Bastzellen und Milchsaftegefäßen noch in einigen Worten zu gedenken <sup>17)</sup>.

Wir haben gesehen, daß für den Begriff „Bast“, dessen Lage entscheidet. Man hat der außerhalb des sogenannten Cambiums der Gefäßbündel liegenden Gewebeschicht den Namen Bast gegeben, ehe man dessen Zellen auch nur von ferne genau gekannt hatte. Später fand man bei vielen Pflanzen auch innerhalb der Markscheide Bastbündel und nannte sie Innenbast.

Ich glaube kaum, daß es Jemand in den Sinn kommt, das Mark der Dikotylen als Bestandtheil der Fibrovasalstränge zu bezeichnen. Nun unterscheiden sich aber gewisse Zellen des Markes, z. B. bei *Daphne* und *Salisburia* von jenen, welche man cathexochen Bastzellen nannte, nicht im mindesten. So lange der Inhalt des Begriffes Bastzelle nicht genauer bekannt ist, bleibt sein Umfang ein sehr vager. Glaubte doch Schacht <sup>18)</sup>, gewisse Zellen des Mistelholzes für Bast halten zu müssen.

Nicht anders als mit den Bastzellen verhält es sich mit dem Begriffe der sogenannten Milchsaftegefäße.

Wer weiß vorerst eine bündige Antwort auf die Frage: was versteht man unter Milchsafte? — Verschiedene eigenthümliche Säfte,

die nicht mehr mit einander gemein haben, als meine Theorie des Saftsteigens mit Bischoff's Ansicht über das Aufsteigen von Wasser in die Spiralgefäße durchschnittener Zweige, werden mit dem Namen Milchsaff belegt! Es ist dagegen gewiß nichts einzuwenden, aber befremden muß es, daß man auf solcher Basis wissenschaftlich begründete Beziehungen zwischen Milchsaffgefäßen und Bastzellen sucht und finden will. Darüber müssen vorläufig Erwägungen ganz anderer Art entscheiden.

Wenn man z. B. den gelben Saft des Schöllkrautes für Milchsaff hält, was ist dann dagegen einzuwenden, wenn es jemand einfällt auch den Inhalt der primären Bast- und vieler Parenchymzellen von *Salisburia* in dieselbe Kategorie zu stellen, zumal da wir wissen, daß der Milchsaff bei gewissen Pflanzen, so wie bei Gymnospermen das Terpentinöl, in eigenen Gängen vorkommt!

Die Milchgefäße werden entweder schon vollzählig im Urparenchyme des Vegetationskegels beim Längenwachsthum der Pflanze angelegt und vermehren später durch Astbildung nur mehr ihre Anastomosen, z. B. in den oberirdischen Stengeln der Cichoraceen<sup>19)</sup>, Campanulaceen, Aselepiadeen<sup>20)</sup>, Papaveraceen, Aeerineen<sup>21)</sup>, oder sie entstehen während des Dickenwachsthumes, was bei sämtlichen milchsaffführenden Wurzeln der Fall ist. Bei *Morus*<sup>22)</sup> finden sich sowohl in der primären als in der secundären Rinde echte, d. i. durch Zellverschmelzung entstandene Milchsaffgefäße.

Ganz ähnliche Verhältnisse finden wir bei den eigentlichen Bastzellen.

Die Bastzellen der primären Rinde fehlen, außer den Zweigen mit latenten Internodien, stets den Wurzeln<sup>23)</sup>. In gleicher Weise suchte ich in den Spitzen der eigens zu diesem Zwecke in Wasser gezogenen Wurzelfibrillen von *Turaxacum* und *Scorzonera* vergebens nach Milchsaffgefäßen. In den an Milchsaffgefäßen reichen Wurzelrinden der Cichoraceen, Papaveraceen, so wie den von mir untersuchten (einheimischen) Euphorbiaceen<sup>24)</sup>, mit Ausnahme der von *Euphorbia Gerardiana*, fehlen die Bastzellen.

Unter allen Milchsaff führenden Pflauzen mit entwickelten Internodien, welche ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, fehlen sämtliche Bastzellen nur den Campanulaceen<sup>25)</sup>.

Wer in dem sonst so constanten Auftreten der primären Bastzellen einen Beweis findet, daß selbe für die Lebensfunction der ge-

streckten Zweige ungleich wichtiger seien, als die Bastzellen, mag mit einem gewissen Anseheine von Berechtigung die auf dem Querschnitte bastähnlichen Milchsaftgefäße der Campanulaceen für Fusionen von Bastzellen oder umgekehrt für zu Bastzellen umgewandelte Milchsaftgefäße erklären. Ich für meinen Theil glaube, daß das Fehlen der Bastzellen im Stengel der Glockenblumen ein Factum ist, aus dem sich, bei unserer Unkenntniß der Functionen der Bastzellen und Milchsaftgefäße nichts weiter folgern läßt, als z. B. aus dem Fehlen des secundären Bastes im Stamme mancher ausdauernden Dikotylen, während sie doch bei der übergroßen Mehrzahl derselben auftreten. Ohne in Abrede stellen zu wollen, daß selbst Kautschukkörnerhaltige Säfte in einzelnen bastähnlichen Zellen vorkommen können, halte ich es für das dem Stande unserer Wissenschaft Entsprechendste, als den wesentlichsten Charakter der Milchsaftgefäße, im Gegensatze zu dem der Bastzellen, deren Entstehung durch Verschmelzung von Zellen anzusehen.

### A n m e r k u n g e n.

- 1) Hartig, Jahresbericht, über Fortschritte der Forstwissenschaft, Berlin, 1836.
- 2) Mohl, Bot. Zeitg., 1833.
- 3) Schacht, Die Milchgefäße der *Carica Papaya*, deren Entstehung, Bau und Verlauf. Monatsbericht der Berl. Akad. 1836. pag. 313—333.
- 4) Hanstein, Die Milchsaftgefäße und die verwandten Organe der Rinde. Preisschrift d. Akad. d. Wissensch. in Paris, Berlin 1864, pag. 64.
- 5) Was die Spiralgefäße anbelangt, so glaube ich, daß sie als Luftbehälter beim Saftsteigen eine wichtige Rolle spielen, eine Rolle, wie sie auch den luftführenden Intercellularräumen zukommt. Siehe: Boehm, Wird das Saftsteigen in den Pflanzen durch Diffusion, Capillarität oder durch den Luftdruck bewirkt? Sitzungsberichte d. kais. Akad. d. Wissensch. in Wien, 50. Bd. 1865.
- 6) Unger, Anatomie und Physiol. der Pflanzen.
- 7) Schacht, l. c. pag. 317 und 323.
- 8) 9) Nägeli, Beiträge zur wissenschaftlichen Botanik, Leipzig, 1838.
- 10) Sanio, Vergleichende Untersuchungen über den Bau und die Entwicklung des Korkes. Pringsheim's Jahrbücher, 2. Bd., pag. 39.
- 11) Der Querdurchmesser der größten Bastzellen der primären Rinde beträgt 0.06, der des Markes 0.05, der der Blattstiele 0.03. — bei den secundären Bastzellen in tangentialer Richtung 0.03, in radialer 0.01 Millim.
- 12) Hartig, Jahresbericht, pag. 88, 89.

- 13) Mohl, bot. Ztg. 1862.  
 14) Mohl, Über die anatomischen Veränderungen des Blattgelenkes, welche das Abfallen der Blätter herbeiführen. Bot. Zeitg. 1860.  
 15) Nägeli, Beiträge, 1858.  
 16) Sanió, Stärkeführende Holzzellen. Linnæa, Halle, 1857 u. 1858, pag. 112. Note.  
 17) Zum Studium sowohl der Entwicklung als der fertigen Zustände der Milchsaftgefäße eignen sich die in Weingeist gelegenen Objecte, in Folge der dadurch bewirkten Gerinnung des Inhaltes durchgehends viel besser als frische Pflanzentheile.  
 18) Schacht, Anat. und Physiol. der Pflanzen.  
 19) Unter den Cichoraceen bieten die Milchsaftgefäße von *Taraxacum officinale* besonderes Interesse.

Im Schafte liegen die Milchsaftgefäße, so wie im oberirdischen Stamme aller Ligulifloren, an der Aussenseite der primären Bastbündel. Nach dem Kochen in Kalilauge lassen sich schöne Netze derselben freilegen. Solche netzförmig vereinigte Milchsaftgefäße finden sich schon in dem erst 1 Millim. langen Stengel; sie wachsen, ihre Anastomosen vermehrend, mit dem Stamme weiter. In noch jüngeren Stadien findet man häufig Zellen, welche sich durch Stellung und Inhalt als künftige Gefäßglieder zu erweisen scheinen. — Leichter und sicherer gelingt das Studium der Entwicklungsgeschichte dieser Milchsaftgefäße in sehr jungen Blüthern, wo man gegen die Spitze hin, als directe Fortsetzung der blind endigenden Gefäße, oft eine der Fusion harrende Zellreihe findet.

Besonders auffallend gebaut ist die Wurzel des Löwenzahnes. Der Holzkörper ist verhältnißmäßig sehr wenig, die Rinde hingegen sehr stark entwickelt. Letztere zerfällt in zwei deutlich gesonderte Schichten. In der einen sind die Milchsaftgefäße in Kreise gestellt, welche durch anderweitiges, meist 10 Zelllagen mächtiges Gewebe völlig gesondert sind, während die Gefäße desselben Kreises, in Folge zahlreicher Anastomosen, ein ziemlich engmaschiges Netz darstellen. — In der äußeren Rindenpartie, welche von den eben besprochenen inneren durch 1—2 concentrische Reihen von Korkzellen gesondert ist, sind die Gefäßkreise in Folge secundärer Zellbildung in dem benachbarten Gewebe vielfach unterbrochen.

Indem die älteren Rindenschichten durch die vom Cambium aus neu gebildeten stetig nach außen gerückt werden, müssen sich deren Zellen in entsprechendem Verhältnisse vergrößern oder vermehren. In der inneren Rindenschichte hat es allerdings den Anschein, als ob sich die mehr weniger runden oder polyedrischen Zellen durch zahlreiche radiale Scheidewände theilen würden. Bei einer Wurzel von 11 Millim. Durchmesser wurde der innere Gefäßkreis, dessen Durchmesser 2 Millim. betrug, von  $\left(\frac{2 \times 3 \cdot 1415}{0 \cdot 017} = \right)$  369, 0·017 Mm. großen Zellen begrenzt, während in der Peripherie unter dem Periderma, bei dem bezüglichen Wurzel-durchmesser von 7 Millim.  $\left(\frac{7 \times 3 \cdot 1415}{0 \cdot 06} = \right)$  367, im Mittel 0·06 Millim. große Zellen standen.

Bei den Zellen der äußeren Rindenschichte ist der radiale Durchmesser meist viel kleiner als der tangentiale und das Gewebe überhaupt sehr unregelmäßig

was durch dessen Entstehung aus der inneren Schichte, wie dies die Entwicklungsgeschichte in zweifelloser Weise darthut, bedingt ist.

Diese äußere Rindenpartie, genetisch der Borke alter Bäume analog, ist dadurch ausgezeichnet, daß selbe durchaus nicht den Anschein eines toten Gewebes hat. Mit Jod und Schwefelsäure werden die Zellwände schön blau gefärbt, während ein Gleiches bei dem die Grenze gegen die innere Rindenschichte bildenden Periderma in der Regel nicht der Fall ist. Es ist dies um so auffallender, als jede Korkschicht in einem späteren Lebensstadium einen Theil der äußeren Rindenpartie bildet. Indeß ist es mir doch wiederholt gelungen, auch die Wände dieser Zellen vollständig zu bläuen.

Unter der Oberfläche der Rinde, häufig schon zwischen stark gebräunten Zellen, finden sich nicht selten ganz horizontal verlaufende Milchsaffgefäße. Hebt man von in Kalilauge gekochten älteren Wurzeln die äußere Rindenschichte mit einer Pinzette ab, so kann man die prachtvollsten Netze präpariren, Netze, welche im Begriffe sind ihre Maschen immer noch durch zahlreiche, in die Intercellularräume sich verlängerende Aussackungen von verschiedenen Dimensionen zu vermehren. Fälle dieser Art scheinen es gewesen zu sein, welche die nach meiner Erfahrung völlig irrige Annahme der Umwandlung von Parenchymzellen etc. in Glieder der Milchsaffgefäße veranlaßten.

Am schönsten fand ich die peripheren Milchsaffgefäße bei *Podospermum Jacquinianum* und bei *Tragopogon orientale* entwickelt.

Nach dem Vorgebrachten scheint es fast überflüssig zu erwähnen, daß die Hauptstämme der Milchsaffgefäße in der Wurzel von *Taraxacum* nicht durch Umwandlung der Leitzellen entstehen, sondern direct aus dem Cambium hervorgehen.

Erwähnen will ich noch, daß mir bisher kein Milchsaffgefäß, selbst solche mit elastischen Wänden nicht ausgenommen, vorgekommen ist, deren Wände mit Jod und Schwefelsäure nicht blau geworden wären.

20) Ich verfolgte die Entwicklung der Milchsaffgefäße dieser Familie bei *Asclepias syriaca*.

Als Mittel, um die zu Gefäßgliedern bestimmten jungen Zellen von denen des umgebenden Gewebes (durch die größere Lichtbrechung ihres Inhaltes) zu unterscheiden, eignet sich in vielen Fällen eine schwach angesäuerte wässrige Lösung von Chlorkalk, in welcher die Präparate gebleicht werden. Bei den so behandelten Längsschnitten durch die Spitzen junger Schößle findet man in dem Marke die den Blattknoten entsprechenden, auch in alten hohlen Stengeln noch vorhandenen Querleisten schon in einer Entfernung von 0.18 Millim. in voller Zellenzahl (3—7) angelegt. Im Mittel von 10 Messungen betrug die Entfernung der Vegetationspitze bis zur 6. Querleiste 2.7 Millim. Im 3. Querstreifen von oben findet man schon öfters die benachbarten, zu Milchsaffgefäßen bestimmten Zellen verschmolzen, während die sich eben entwickelnden Milchsaffgefäße des Internodiums meist sowohl nach oben als nach unten noch abgeschlossen endigen. —

In den Knoten junger so wie in denen der ausgebildeten in Kalilauge gekochten Stengel überzeugt man sich leicht von der Richtigkeit der Angabe Hausteins (l. c.) über die Communication der sehr elastischen Milchsaffgefäße des Markes und der Rinde.

Das Studium der Entwicklungsgeschichte lehrt, daß die die Milchsaftgefäße constituirenden Zellen schon vor dem Sichtbarwerden der Spiralgefäße mit einander verschmelzen.

Die längste primäre Bastzelle, die ich bei *Asclepias* fand, maß 32 Millim. — Die Länge eines Zellgliedes der innersten Spiralgefäße berechnete ich nach der oben angegebenen Methode zu 17 Millim.

- 21) Nach Hartig (bot. Ztg., 1861, pag. 19) ist der Milchsaft bei *Acer platanoides* „in den gewöhnlichen Siebröhren des Bastes, die hier unter einander durch Querröhren verbunden sind“, enthalten. — Hanstein hingegen (l. c. pag. 21) läßt die Milchsaftgefäße von *Acer* erst aus den Siebröhren des Bastes hervorgehen und gibt an, daß sie zuweilen an ihren stumpfen über einander stehenden Enden, zuweilen seitwärts mittelst Durchbohrung der Wand vereinigt seien.

Die sogenannten Milchsaftgefäße von *Acer* entstehen, wie man sich leicht besonders bei in Chlorkalk gebleichten Längs- und Querschnitten durch in der Entwicklung begriffene Zweige überzeugt, aus dem Urmeristeme des Vegetationskegels beim Längenwachstume innerhalb des primären Bastes.

Auf Längsschnitten durch ausgewachsene, längere Zeit in Alkohol gelegene Internodien konnte ich mich von der offenen Communication dieser durch ihre Größe auffallenden Schläuche eben so wenig überzeugen als nach dem Kochen der Stengel in Kalilauge. — Die Länge dieser Schläuche zu bestimmen, wollte mir nicht gelingen. Die längste primäre Bastzelle fand ich zu 6 Millim.

Bei *Acer platanoides* bleiben bekanntlich die Zweige oft durch mehrere Jahre verkürzt. In diesen Zweigstücken fehlen die primären Bastzellen ganz, die Milchsaft führenden Zellen sind jedoch sehr kurz und haben hier einen größeren Querdurchmesser als in den entwickelten Internodien. In Übereinstimmung mit dem oben Vorgetragenen ergab sich die Länge dieser im Urparenchyme des Vegetationskegels angelegten Zellen im Mittel von 100 Messungen zu 0.092; die der kürzesten zu 0.03, die der längsten zu 0.12 Millim. — Auch hier konnte ich mich weder durch Quer- noch Längsschnitte von einer offenen Verbindung der Zellen in zweifelloser Weise überzeugen. Wenn es auch öfters den Anschein hatte, als ob sich der klebrige Inhalt ununterbrochen in die benachbarten Zellen fortsetzen würde, so blieb es doch stets fraglich, ob diese Verbindung durch die durchbrochenen Zellwände erfolgte und nicht vielleicht erst in Folge der Zerrung durch den Schnitt bewirkt wurde. — Kocht man jedoch diese Zweigstücke mit verkürzten Internodien in Kalilauge, so findet man bisweilen zwischen zwei benachbarten noch an einander haftenden diesbezüglichen Zellen eine zweifellos offene Verbindung, ähnlich der der Milchsaftgefäße von *Chelidonium*.

Daß die Milchsaft führenden Zellen oder Gefäße, mag deren Wand wie immer gebaut sein, mit den die assimilirten Säfte abwärts leitenden Gitterzellen nichts gemein haben, scheint mir zweifellos. Für die Metamorphose der Gitterzellen in Milchsaftgefäße spricht, so weit meine Erfahrung reicht, nicht eine einzige, der Genesis entnommene Thatsache.

- 22) Die Länge der primären Bastzellen von *Morus*, welche sich auf dem Querschnitte von denen der secundären Rinde durch ihre Größe auszeichnen, ist eine ziemlich

bedeutende. Solche von 30 Millim. sind gar nicht selten, die längste, die ich fand, maß 39·2 Millim.

Während bei *Salisburia* die Länge der secundären Bastzellen durchschnittlich von der der gleichzeitig gebildeten Holzzellen nicht differirt, finden wir bei *Morus* die secundären Bastzellen unvergleichlich länger als die Holzzellen. Ich bestimmte die Länge der Bastzellen in der noch lebenden Rinde eines 6 Zoll dicken Astes im Mittel von 100 Messungen zu 3·1 Millim.; die längste von mir gefundene derartige Zelle maß 5·8, die kürzeste 1·3 Millim. Der Längsdurchmesser der unter dieser Rinde gelegenen Holzzellen betrug 0·7, sehr selten 1·2 oder 0·3 Millim.

Dieser Befund stimmt mit unserer Vorstellung der Entwicklung der Bast- und Holzzellen aus denselben Mutterzellen nicht im geringsten, und ich bekenne, dafür keinen Grund angeben zu können. Da an eine Entstehung der secundären Bastzellen durch Fusion nicht zu denken und eine Streckung und damit verbundene Zwischenziehung aus mannigfachen Gründen geradezu unmöglich ist, so bleibt vorläufig nur die allerdings auch nicht sehr plausible Annahme, daß die zu Holzzellen bestimmten Tochterzellen der Cambiummutterzellen sich durchschnittlich noch zweimal durch schiefe Querwände theilen.

Die ziemlich weiten und dickwandigen Milchsaftegefäße der primären und secundären Rinde verlaufen meist unverzweigt; nur einmal fand ich in der secundären Rinde eine Gabelung. Es gelingt bei in Kalilauge anhaltend gekochten Rinden älterer Zweige nicht schwer, 20 Millim. lange Stücke dieser Milchsaftegefäße zu präpariren. Wiederholt fand ich auch stumpf endigende Milchsaftegefäße.

Bei dickeren, aber noch mit Periderma bekleideten Ästen findet man auf Querschnitten oft sowohl die secundären Bastzellen als die Milchsaftegefäße tangential-horizontal gelagert. Es ist diese für den ersten Moment befremdende Stellung, wie Tangentialschnitte lehren, durch die übermäßige Entwicklung gewisser Markstrahlen bedingt, wodurch die seitlich verlaufenden Milchsaftegefäße und Bastzellen umgebogen werden.

Das gleichzeitige Vorkommen von secundären Bastzellen und Milchsaftegefäßen bei *Morus* und in der Wurzelrinde von *Euphorbia Gerardiana* ist in so ferne von besonderem Interesse, als es zeigt, wie unberechtigt die Annahme derjenigen ist, welche die etwa vorhandenen Milchsaftegefäße als Stellvertreter der fehlenden Bastzellen erklären.

<sup>23)</sup> In der Hoffnung auf geeignetes Material zu ausgedehnteren Untersuchungen will ich vorläufig nur erwähnen, daß in der Wurzelrinde von *Phoenix* isolirte Bündel von primären Bastzellen vorkommen und daß ich ein Wurzelstück von *Chamaecrops humilis* aufbewahre, in dessen (primärer) Rinde und Marke sich vereinzelt bis 6 Millim. lange, häufig durch Querwände gekammerte bastähnliche Zellen vorfinden.

<sup>24)</sup> Bei keiner der einkeimischen Euphorbiaceen fehlen im oberirdischen Stengel die primären Bastzellen, welche mit den ebenfalls aus dem Urmeristeme des Vegetationskegels entstandenen Milchsaftegefäßen nicht die geringste Ähnlichkeit besitzen. — Bei *Euphorbia pilosa* verdicken sich die Bastzellen erst ziemlich spät. Auf Querschnitten durch alte, längere Zeit in Weingeist aufbewahrte Stengel erscheinen nicht selten die gefalteten secundären Verdickungsschichten von der primären Zellwand losgelöst.

Auf Längs- und Querschnitten der an Amylum reichen Wurzeln treten die Milchsaftegefäße erst, nachdem die Präparate in Wasser gekocht wurden, recht deutlich hervor. Dasselbe gilt von den zahlreichen weiten Gefäßen in der Rinde der verdickten Stengelbasen von *Euphorbia dulcis*.

- <sup>25)</sup> Auf Querschnitten durch verholzte, längere Zeit in Weingeist gelegene Stengel von *Campanula rapunculoïdes* findet man unter dem Rindenparenchyme, außerhalb des Holzes einen durchschnittlich 0·1 Millim. mächtigen weißlichen Kreis von ziemlich dickwandigen, verschieden großen Zellen. Die dickwandigsten dieser Zellen haben einen Durchmesser von beiläufig 0·02 Mm. und verrathen sich höchstens durch ihren braunen Inhalt als Milchsaftegefäße. Kocht man diese Stengel in Kalilauge, so löst sich das Rindenparenchym leicht von der Faserschichte. Hebt man diese sodann vom Holzkörper ab und breitet sie auf dem Objectträger aus, so sieht man oft prachtvolle Netze von Milchsaftegefäßen. Nach Bastzellen sucht man vergebens.

Das Studium der Entwicklung lehrt, daß die oben besprochene Zellschicht aus dem Urparenchyme des Vegetationskegels hervorgeht.

---